

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JPO 09/842704
U.S. PTO
04/27/01



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 6月13日

出願番号

Application Number:

特願2000-176680

出願人

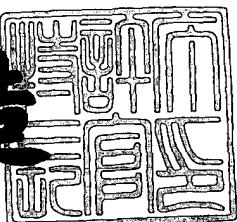
Applicant(s):

トヨタ自動車株式会社

2001年 4月 6日

特許庁長官
Commissioner
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3027305

【書類名】 特許願

【整理番号】 PA14D552

【提出日】 平成12年 6月13日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 C01B 3/38

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 青山 智

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 佐藤 博道

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 中田 俊秀

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100096817

【弁理士】

【氏名又は名称】 五十嵐 孝雄

【電話番号】 052-218-5061

【選任した代理人】

【識別番号】 100097146

【弁理士】

【氏名又は名称】 下出 隆史

【選任した代理人】

【識別番号】 100102750

【弁理士】

【氏名又は名称】 市川 浩

【選任した代理人】

【識別番号】 100109759

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 光宏

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-141127

【出願日】 平成12年 5月15日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007847

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708410

【包括委任状番号】 9904031

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 水素生成装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の原料から水素を生成する水素生成装置であって、
水素ガスを含む混合ガスが流れる多孔質体の混合ガス層と、
水素ガスのみを選択的に透過する水素分離層と、
前記水素分離層により分離された水素が流れる多孔質体の水素抽出層とを備え

前記各層は、前記混合ガス層と前記水素抽出層との間に前記水素分離層が介在する状態で積層された積層構造を成す水素生成装置。

【請求項2】 前記水素分離層と前記多孔質体との間に緩衝材が挿まれている請求項1記載の水素生成装置。

【請求項3】 前記水素分離層と前記多孔質体の少なくとも一方には、両者が全面にわたって直接接触することを回避する回避機構が設けられている請求項1記載の水素生成装置。

【請求項4】 所定の原料から水素を生成する水素生成装置であって、
水素ガスを含む混合ガスが流れる多孔質体の混合ガス層と、
水素ガスのみを選択的に透過する水素分離層と、
前記水素分離層により分離された水素が流れる水素抽出層とを備え、
前記各層は、前記混合ガス層および前記水素抽出層におけるガスの流入口、排出口がそれぞれ側面の所定の方向に統一的に並ぶ状態、かつ前記混合ガス層と前記水素抽出層との間に前記水素分離層が介在する状態で積層された積層構造を成す水素生成装置。

【請求項5】 前記積層構造全体を被覆する気密性のケーシング部材を備える請求項1または4記載の水素生成装置。

【請求項6】 請求項5記載の水素生成装置であって、
前記ケーシング部材は、前記混合ガス層および前記水素抽出層におけるガスの各流入口および排出口にそれぞれ連通し、前該積層構造と外部とのガスの供給または排出を行うマニホールドを備える水素生成装置。

【請求項7】 前記ケーシング部材と前記積層構造との間に緩衝材が挟まれている請求項5記載の水素生成装置。

【請求項8】 前記多孔質体は側面の一部を緻密な構造にすることによって内部のガスの流れ方向を規制する規制構造を備える請求項1または4記載の水素生成装置。

【請求項9】 前記混合ガス層および前記水素抽出層におけるガスの流入口および排出口の相互間にシールが施されている請求項1または4記載の水素生成装置。

【請求項10】 前記各層は、両端に前記水素抽出層が位置する状態で積層されている請求項1または4記載の水素生成装置。

【請求項11】 前記混合ガス層には、供給されるガスの種類に応じた所定の化学反応を促進するための触媒が担持されている請求項1または4記載の水素生成装置。

【請求項12】 前記水素分離層は、多孔質支持体の細孔に水素分離金属を担持して形成された層である請求項1または4記載の水素生成装置。

【請求項13】 請求項1または請求項4記載の水素生成装置であって、ガス中の一酸化炭素濃度を低減させる化学反応用の低減触媒を担持した一酸化炭素低減層を、前記透過された水素の流路内に備える水素生成装置。

【請求項14】 前記低減触媒は、一酸化炭素をメタン化する触媒である請求項13記載の水素生成装置。

【請求項15】 前記低減触媒は、ニッケル、ルテニウム、ロジウムのいずれかを含む触媒である請求項14記載の水素生成装置。

【請求項16】 請求項13記載の水素生成装置であって、前記水素分離層は、多孔質支持体と一体的に水素分離膜を形成して構成された層であり、

前記一酸化炭素低減層は、該多孔質支持体の前記水素分離膜が形成されていない部位に、前記低減触媒を担持して形成される水素生成装置。

【請求項17】 請求項13記載の水素生成装置であって、前記一酸化炭素低減層は、前記水素抽出層内に前記低減触媒を担持することに

よって、前記水素抽出層と一体的に形成された層である水素生成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

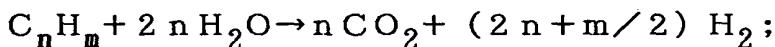
【発明の属する技術分野】

本発明は、水素原子を含有する所定の原料から水素ガスを生成する水素生成装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

燃料電池は、水素イオンを透過する電解質層を挟んで備えられたアノード（水素極）とカソード（酸素極）に供給された水素と酸素の反応によって起電力を発生する。アノードに供給する水素は、例えば、燃料として用意されたメタノールおよび天然ガスなどの所定の原料から改質反応等の化学反応で生成される。天然ガスなどの燃料は、一般に次式などの反応によって水素を含む混合ガスに分解される。



混合ガスを燃料電池に直接供給すると、電極における水素分圧が低下して電極での反応を阻害する他、電極が一酸化炭素により被毒して安定した反応が阻害されるという弊害が生じるおそれがあるため、水素のみを分離して燃料電池に供給することが多い。水素の分離には、水素のみを選択的に透過する性質を有する水素分離膜、例えばパラジウムの薄膜が用いられる。分離機構としては、水素分離膜で形成された円管中に混合ガスを通過させることによって、円管の外に水素ガスが抽出される構造が知られている。また、改質反応を行う触媒が担持された多孔質体の層、水素分離層、抽出された水素が流れるための空隙とを積層した機構も知られている（例えば、特開平6-345408記載の機構）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

円管を利用した機構は、構造が複雑であるため、製造コストの増大、装置の大型化という課題があった。積層構造では、強度不足という課題、およびシールが

不十分であることに起因して原料ガスが水素ガス中に漏洩しやすいという課題があった。十分な強度およびシール性を確保しようとすれば、積層構造の大型化という別の課題を招くことになる。

【0004】

水素分離膜は、非常に薄いため、ピンホールの存在や部分的な破損によって一酸化炭素が抽出側にリークする可能性がある。かかるリークへの対策として、一酸化炭素をメタン化して電極の被毒を防ぐ反応部を、分離膜の後段に設けることも可能ではあるが、かかる構成は、水素生成装置の大型化という課題を招くことになる。また、メタン化反応を促進するための温度制御が別途必要になり、装置が複雑化するという課題も招く。

【0005】

近年では、燃料電池を車両などに搭載することも検討されており、水素生成装置の小型化、強度増大、信頼性向上、製造コスト低減への要求は特に厳しくなっている。本発明は、これらの要求について改善を図った水素生成装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上記課題の少なくとも一部を解決するために、本発明では、第1の構成として、所定の原料から水素を生成する水素生成装置において、

水素ガスを含む混合ガスが流れる多孔質体の混合ガス層と、

水素ガスのみを選択的に透過する水素分離層と、

前記水素分離層により分離された水素が流れる多孔質体の水素抽出層とを備えるものとし、これらの各層が、前記混合ガス層と前記水素抽出層との間に前記水素分離層が介在する状態で積層された積層構造を成すものとした。

【0007】

上記構成では、各層はセラミックス等の多孔質体で形成されるため、積層構造における強度を向上することができる。この結果、水素生成装置の小型化を図ることができる。積層構造は比較的製造が容易であり、水素生成装置の製造コストの低減を図ることができる利点もある。多孔質体は、ガスの流路を兼ねることか

ら、いわゆるフォーム、即ち発泡ウレタンとセラミックス原料を混ぜ、焼成して形成された空孔率の高い構造の材料を用いることが特に好ましい。セラミックスに限らず、金属樹脂を用いても構わない。

【0008】

上記構造においては、前記水素分離層と多孔質体との間に緩衝材を挟むことが望ましい。緩衝材としては、耐熱性、耐燃性のガラスウール、カーボンクロス、カーボンペーパー等を用いることができる。かかる構成により、水素分離層が多孔質体と直接接触することを回避でき、水素分離層の損傷を抑制することができる。従って、装置の耐衝撃性、耐振動性を向上することができる。

【0009】

同様の目的から、前記水素分離層と多孔質体の少なくとも一方には、両者が全面にわたって直接接触することを回避する回避機構が設けられているものとすることも望ましい。回避機構の設け方としては、例えば、一方の層を凹凸形状にしたり、一方の層において周囲の一部にスペーサの機能を奏する突起を設けたりする方法が挙げられる。回避機構は、必ずしもいずれかの層と一体的に設けられている必要はなく、別部材のスペーサとして構成されていてもよい。

【0010】

本発明では、第2の構成として、前記各層は、前記混合ガス層および前記水素抽出層におけるガスの流入口、排出口がそれぞれ側面の所定の方向に統一的に並ぶ状態で積層された積層構造を成すものとした。第2の構成においては、前記水素抽出層は、必ずしも多孔質体で構成されている必要はなく、空隙であってよい。

【0011】

一例として、矩形の層を積層する場合には、その4側面をそれぞれ混合ガス層の流入口、排出口および水素抽出層の流入口、排出口に割り当てることができる。このように各流入口および排出口を側面の所定の方向に統一的に配置することにより、複数の層が積層された構造に対してガスの供給および排出を効率的に行うことができる。ガスの供給および排出を行う配管と積層構造との接合部の小型化を図ることもできる。なお、水素抽出層へのガスの流入口は、抽出された水素

を運搬するためのバージガスを供給するために使用される。バージガスを供給することにより、水素抽出層の水素分圧の上昇を抑えることができ、水素分離効率を向上することができる。バージガスとしては、水蒸気その他の凝縮性ガスや不活性ガスを用いることができる。水素の抽出にバージガスを利用しない場合には、側面の3方向に混合ガス層の流入口、排出口および水素抽出層の排出口を割り当てる態様で構成することができる。

【0012】

本発明の第1および第2の構成においては、前記積層構造全体を被覆する気密性のケーシング部材を備えるものとすることが望ましい。こうすることにより、積層構造からのガスの漏洩、異種のガス同士の混合を抑制できる、即ち、シール性を向上することができる。また、外部からの衝撃に対し積層構造を保護することもできる。ケーシング部材は、かかる目的に添った種々の材料および形状で構成することができ、特に金属製とすることが望ましい。

【0013】

かかるケーシング部材には、前記混合ガス層および水素抽出層におけるガスの各流入口および排出口にそれぞれ連通し、前該積層構造と外部とのガスの供給または排出を行うマニホールドを備えることも望ましい。こうすれば、各層のガスの供給、排出を比較的容易に行うことができる。水素抽出層にバージガスを供給する場合には、各流入口、排出口に連通する4カ所のマニホールドが設けられる。バージガスを供給しない場合には、3カ所のマニホールドが設けられる。マニホールドと積層構造とのガスの供給、排出は種々の構成が適用可能である。ガスが複数用意された層に並行して流れる構成としてもよいし、これらの層を順次流れる構成としてもよい。

【0014】

前記ケーシング部材と前記積層構造との間に緩衝材を挟むことも望ましい。緩衝材としては、耐熱性、耐燃性のガラスウール等を用いることができる。緩衝材の作用により、積層構造とケーシングとの間のシール性を確保するとともに、外部からケーシングを介して積層構造に加えられる衝撃を緩和することができる。ケーシングと積層構造の熱膨張率の相違に起因する熱応力を緩和することができ

る。

【0015】

各多孔質体においてガスが流れる流路は種々の方法で形成することができるが、一例として、前記多孔質体は側面の一部を緻密な構造にすることによって内部のガスの流れ方向を規制する規制構造を備えるものとすることができる。例えば、緻密質セラミックスを側面に用いることができる。多孔質体と一体構造でガスの流路を形成することができるため、製造が容易となる利点がある。矩形の層において対向する両辺を緻密な構造にすれば、矩形の各頂点近傍におけるシール性を向上することができる。

【0016】

本発明の第1および第2の構成においては、前記混合ガス層および水素抽出層におけるガスの流入口および排出口の相互間にシールを施すものとしてもよい。こうすることにより異種のガスの混合を抑制することができる。シールは、アルミナ、ガラス等をコーティングすることで可能となる。一例として、矩形の層を積層し、各流入口および排出口がそれぞれの側面に統一的に設けられている場合には、各頂点近傍をシールすればよい。一般に矩形の頂点近傍は、シール性が比較的損なわれやすい部位であるため、別途シール部材を設ける利点が大きい。

【0017】

本発明の第1および第2の構成は任意の数の層を積層して構成することができるが、一例として、前記各層は、両端に前記水素抽出層が位置する状態で積層されていることが望ましい。全ての混合ガス層の両面に水素抽出層が存在する構成となる。こうすることにより、水素を効率的に抽出することができる。

【0018】

本発明は、水素ガスを含有する混合ガスの供給を受けて、水素を分離する機構として構成することができる。また、水素原子を含む所定の原料の供給を受けて化学反応により水素を生成するとともに、生成された水素を分離する機構として構成することもできる。後者の場合には、前記混合ガス層に、供給されるガスの種類に応じた所定の化学反応を促進するための触媒を担持することにより、構成可能である。なお、化学反応としてはいわゆる改質反応、シフト反応が挙げられ

る。メタノール、天然ガスなどの原料の供給を受ける場合には、改質反応を促進する触媒を担持すればよい。改質反応後の混合ガスの供給を受ける場合には、シフト反応を促進する触媒を担持すればよい。化学反応は必ずしも水素を生成する反応に限定されるものではない。混合ガスの供給を受ける場合において、混合ガス中の一酸化炭素を選択的に酸化する反応を行わせるものとしてもよい。こうすることにより、水素分離層にピンホールが存在した場合でも、燃料電池にとって有害な一酸化炭素が水素ガス中に混じることを抑制できる。

【0019】

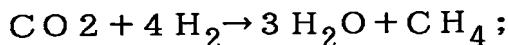
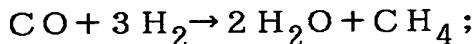
本発明において、水素分離層は、種々の構成を適用可能である。水素分離膜としては、パラジウムまたはパラジウム銀合金で形成された膜や、これらの金属をセラミックスのような多孔質支持体にめっき、化学蒸着法（CVD）、物理蒸着法（PVD）等によりコーティングしたものが知られている。また、前記水素分離層は、多孔質支持体の細孔に水素分離金属を担持して形成された層とすることも好ましい。かかる水素分離層は、例えばセラミックス等の多孔質支持体の細孔に微細化されたパラジウムその他の水素分離金属を担持することにより形成される。担持方法は、水素分離金属を含有した溶液に多孔質支持体を浸透させる含浸担持法、水素分離金属を有機溶剤中に混ぜたペーストを多孔質支持体表面に塗布し焼成する方法などを用いることができる。このように多孔質支持体の細孔内に微細化された水素分離金属を担持することにより、混合ガスと水素分離金属との接触面積を実質的に増大することができ、水素分離効率の向上を図ることができる。水素分離層の強度を向上することもできる。

【0020】

本発明においては、水素分離層に存在するピンホール等によって水素抽出層に一酸化炭素が混入する場合への対策として、ガス中の一酸化炭素濃度を低減させる化学反応用の低減触媒を担持した一酸化炭素低減層を、前記透過された水素の流路内に備えることも望ましい。こうすれば、一酸化炭素が混入した場合でも、その悪影響を回避することができる。特に、生成された水素ガスを燃料電池に供給する場合には、電極の被毒を防ぐことができる点で有効である。

【0021】

低減触媒は、一酸化炭素の選択酸化用の触媒など種々の触媒を用いることができる。一例として、一酸化炭素をメタン化する触媒を用いることが望ましく、より具体的には、ニッケル (Ni)、ルテニウム (Ru)、ロジウム (Rh) のいずれかを含む触媒用いることが望ましい。これらを単独で用いても良いし、他の触媒とともに用いてもよい。メタン化とは、次式の反応をいう。ガス中に二酸化炭素が存在する場合には、そのメタン化も同時に進行する。



【0022】

メタン化反応は約140℃以上で生じることが知られている。一般に改質反応は原料に応じて300℃～800℃程度で生じるため、改質反応後の高温ガスの供給により、格段の温度制御を施さなくてもメタン化反応を促進することができる。

【0023】

メタン化は、上式の通り、一酸化炭素等と水素との反応であるから、水素分離層を透過したガス中に存在する成分のみで起きうる反応である。従って、一酸化炭素低減層に反応用に別途特定のガスを供給する機構を設ける必要がない。つまり、水素生成装置の構成の複雑化を回避しつつ、一酸化炭素濃度を低減することができる利点がある。

【0024】

一酸化炭素低減層は、種々の態様で形成可能である。

例えば、水素分離層は、多孔質支持体の表層に水素分離膜を形成して構成された層である場合には、一酸化炭素低減層は、該多孔質支持体の前記水素分離膜が形成されていない部位に、前記低減触媒を担持することにより形成できる。つまり、多孔質支持体には、水素分離膜と一酸化炭素低減層の両者が一体的に形成されることになる。一酸化炭素低減層は、水素分離膜と混在して形成される訳ではなく、水素分離膜よりも下流側に形成される。

【0025】

ここで、多孔質支持体と一体的に水素分離膜が形成された水素分離層とは、多

孔質支持体の細孔に水素分離金属を担持して形成された層、支持体の表面に水素分離膜を貼り付け、コート等して形成された層の双方が含まれる。一酸化炭素低減層は、水素分離膜と対向する面に低減触媒をコートする方法、多孔質支持体内部に低減触媒を担持する方法によって形成できる。低減触媒をコートする場合には、物理蒸着法（PVD）、化学蒸着法（CDV）などの気相蒸着法、低減触媒を担持したアルミナ等の粉末をスラリー状にしてコートする方法、メッキ法などを適用することができる。セラミックス系の多孔質支持体に担持する場合には、先に水素分離金属の担持方法として説明した種々の方法によって低減触媒自体を担持すればよい。金属セルメットなど、金属系の多孔質支持体の場合には、低減触媒と支持体との合金化を回避するため、アルミナ等のセラミックスをコートした上で低減触媒を担持することが望ましい。

【0026】

また、一酸化炭素低減層は、前記水素抽出層内に前記低減触媒を担持することによって、前記水素抽出層と一体的に形成してもよい。かかる構成は、水素抽出層が多孔質支持体で形成されている場合には、低減触媒を支持体内に担持することにより実現される。水素抽出層が空隙となっている場合には、ペレット状の低減触媒を充填することにより実現される。なお、このように水素抽出層と一体的に一酸化炭素低減層を形成する場合、水素分離層は、多孔質支持体に水素分離金属を担持した構成に限らず、セラミックス、樹脂等の多孔質分離膜など種々の分離膜を適用可能である。

【0027】

本発明の水素生成装置は、水素の生成が要求されるシステムに幅広く適用でき、一例として燃料電池に供給する燃料ガスを生成するシステムとして適用することができる。車載用の燃料電池に対し、車上で水素ガスを生成するシステムとして適用することもできる。

【0028】

【発明の実施の形態】

A. 第1実施例：

図1は第1実施例の水素生成装置における水素分離機構の斜視図である。水素

生成装置は、まず、メタノール、天然ガスなどの所定の原料を改質し、水素および一酸化炭素などを含有する改質ガスを生成する。次に、水素分離機構によって改質ガスから水素を抽出して水素リッチなガスを生成する。生成されたガスは、燃料電池の燃料ガスなどの用途に利用できる。原料を改質するユニットについては、周知の構成を適用可能であるため、図1では、図示を省略した。

【0029】

本実施例における水素分離機構は、水素を選択的に透過する性質の水素分離膜を利用して水素を分離する水素分離フィルタ200と、それを被覆するケーシング100とから構成される。水素分離機構に改質ガス、および抽出された水素を運搬するためのパージガスを供給すると、水素分離フィルタ200の作用によって水素が分離され、パージガスとともに排出される。水素が分離された後の改質ガスは排気となる。パージガスは、水蒸気などの凝縮性ガスその他の不活性ガスを用いることができる。

【0030】

図1に示す通り、ケーシング100には前面に改質ガスを供給するためのマニホールド103が設けられている。左側面には、パージガスを供給するためのマニホールド101が設けられている。右側面には、パージガスとともに抽出された水素を排出するマニホールド102が設けられている。図1では死角となる背面には水素が分離後のガスを排出するためのマニホールドが設けられている。

【0031】

図2は水素分離フィルタ200の斜視図である。水素分離フィルタ200は、改質ガスが流れる改質ガス層230、改質ガスから水素を分離する分離層220、パージガスおよび抽出された水素が流れる抽出層210の3種類の矩形層が積層されて構成されている。積層は、「抽出層210、分離層220、改質ガス層230、分離層220」の順で繰り返されている。最下層および最上層は、抽出層210となっている。このように積層することにより、各改質ガス層230は、上下を抽出層210で挟まることになるため、水素の分離効率を向上することができる利点がある。抽出層210が最下層および最上層とならない積層方法を探っても構わない。

【0032】

改質ガス層230および抽出層210はそれぞれ多孔質のセラミックスで形成されている。本実施例では、良好なガスの流れを確保するために、いわゆるフォームと呼ばれるセラミック多孔質体を用いた。フォームとは、発泡ウレタンとセラミックス原料を混ぜ、焼成することにより形成され、発泡ウレタンの隙間に存在したセラミックスのみが骨格として残った多孔質材料である。

【0033】

改質ガス層230および抽出層210の側面には、ガスが漏れることを防止するためのシールが施されている。図1中にハッチングを付した部分がシールである。シール材としては、アルミナ、ガラス等を用いることができる。図示する通り、水素分離フィルタの上下面も同様にシールされている。

【0034】

改質ガス層230および抽出層210におけるガスの流れ方向が、それぞれの層で統一される条件、かつ、前者と後者が直交する条件を満たすように、それぞれの層は積層されている。こうすることにより、ガスの供給および排出を水素分離フィルタ200の4側面からそれぞれ行うことができる。例えば、マニホールドから供給された改質ガスは、各改質ガス層230に分かれて流れ、背面の排気用マニホールドに集約されて排出される。マニホールドから供給されたバージガスは、各抽出層210に分かれて流れ、右側面のマニホールドに集約されて排出される。このように、改質ガス層230と抽出層210におけるガスの流れ方向を統一することにより、マニホールドの構造を簡素化できる利点がある。各層に適切なガスを供給、排出可能であれば、改質ガス層230および抽出層210におけるガスの流れ方向は、上述の条件を満足する必要はない。

【0035】

図3は水素分離フィルタ200とケーシング100との組み付け部近傍の拡大断面図である。図1中のA-A断面に相当する。水素分離フィルタ200は、緩衝材111を挟んでケーシング100に組み付けられている。緩衝材111は、耐熱性、耐燃性に優れた材料が適しており、例えばガラスウールを用いることができる。緩衝材を挟むことにより、水素分離フィルタ200とケーシングとの間

でのガスのリークを回避しつつ、ケーシング100を介して水素分離フィルタ200に加えられる外力の緩和、ケーシング100と水素分離フィルタ200の熱膨張率の差に起因する熱応力の緩和を図ることができる。

【0036】

図3には、水素が分離される様子を併せて示した。改質ガスは改質ガス層230を図中の左から右方向に流れる。バージガスは抽出層210を紙面に直交する方向に流れる。抽出層210の側面には、図中の左右方向へのガスの漏れを防ぐシール210sが施されている。改質ガス中の水素は、分離層220の作用により、上下に位置する抽出層210にそれぞれ抽出され、バージガスとともに外部に排出される。

【0037】

図4は分離層220の拡大断面図である。本実施例では、セラミックス等の多孔質支持体221の細孔に水素の選択透過性を有する分離金属222を担持して構成した。図は模式的なものであり、実際には、微細化された分離金属222は細孔を実質的に塞ぐ状態で担持されている。分離金属222としては、例えば、パラジウム、パラジウム合金を適用できる。かかる構造の分離層220は、分離金属222の溶液に多孔質支持体221を浸す方法、即ち含浸担持法で形成することができる。多孔質支持体221の表面に分離金属222を含有する有機溶剤のペーストを塗布した後、加熱するものとしてもよい。このように多孔質支持体の細孔に分離金属222を担持すれば、分離層220内部で改質ガスと分離金属222とが接触可能となる。従って、分離金属単体の薄膜に比較して改質ガスと分離金属との接触面積が増大し、水素の分離効率を向上することができる。多孔質支持体により、分離層220の強度を確保することができる利点もある。分離層220は、かかる構成のみならず、分離金属単体の薄膜を適用しても構わない。

【0038】

図5は分離層220と抽出層210の接触部の拡大断面図である。図示する通り、両者は緩衝材211を挟んで積層されている。緩衝材211は、例えば、カーボンクロス、カーボンペーパー、ガラスウールを用いることができる。緩衝材

211を挟むことにより、分離層220が多孔質体で形成された抽出層210と直接接触することを回避できる。従って、両者間の摩擦等による分離層220の損傷を回避できる。改質ガス層230と分離層220との間にも同様の緩衝材211が挟まれている。

【0039】

次の態様で、分離層の保護を図ることもできる。図6は変形例としての分離層220Aと抽出層210Aの接触部の拡大断面図である。変形例では、各層にそれぞれ突起212, 222が設けられている。突起212, 222の作用により、分離層220Aと抽出層210Aが全面に亘って直接接触するのを回避できる。従って、分離層220Aが損傷を受ける領域を抑制でき、分離層220Aをある程度保護できる。水素分離作用への寄与が低い領域、例えば各層の周辺近傍などに突起212, 222を設けることが望ましい。

【0040】

以上で説明した第1実施例の水素分離機構は、積層構造を採ることにより、装置の小型化、製造コストの低減を図ることができる。この際、各層を多孔質体で形成することにより、水素分離フィルタ200の強度を向上することができる。さらに、先に説明した種々の作用により、水素を効率的に分離することができる。

【0041】

B. 第1実施例の変形例：

図7は変形例としての水素分離フィルタ200Aの斜視図である。第1実施例の水素分離フィルタ200に対し、積層構造の四隅にシール240を備える点で相違する。シール240の材料は、例えば、アルミナ、ガラス等を適用できる。その他の構造は第1実施例の水素分離フィルタ200と同じである。

【0042】

各層の側面のみをシールした場合、積層構造の四隅はシールが行き届かず、各ガスのリークが生じやすい。変形例のように四隅にシール240を施すことにより、かかるリークをより確実に回避できる。従って、水素分離機構の信頼性を向上することができる。

【0043】

C. 第2実施例：

図8は第2実施例としての水素分離フィルタ300の斜視図である。第1実施例と同様、改質ガス層330、分離層320、抽出層310の3種類の層が積層されている。ガスの流れ方向も第1実施例と同様である。第2実施例では、改質ガス層330および抽出層310の側面のシール部材330s、310sの構造が第1実施例と相違する。分離層320は第1実施例の分離層220と同じ構造である。

【0044】

図9は第2実施例における抽出層310の斜視図である。抽出層310は、第1実施例と同様の多孔質体で形成された中央部材310fと、その両側を挟むシール部材310sから構成される。図中でハッチングを付した部分がシール部材310sであり、ガスが流れない素材、例えば緻密性セラミックスで形成されている。バージガスおよび水素は、中央部材310fの部分のみを流れる。改質ガス層330も同様に構成されている。

【0045】

第2実施例の水素分離フィルタ300によれば、側面のシール性が向上する利点がある。特に、積層構造の四隅でシール性を大きく向上することができる。図8において、領域Cに示される通り、水素分離フィルタ300の四隅近傍では、緻密性セラミックスのみが積層される。従って、四隅近傍でのガスのリークをより確実に抑制することができる。先に変形例（図7）で示したシール240と同等の効果を、積層構造自体で実現することができ、製造コストを低減することができる利点がある。

【0046】

D. 変形例：

第2実施例においては、抽出層310の中央部材310fを除去してもよい。つまり、シール部材310sをスペーサとして活用し、抽出層310のガス流路を中空にして構成してもよい。改質ガス層330を中空にして構成することも可能である。

【0047】

第1実施例および第2実施例において、改質ガス層にシフト反応触媒または一酸化炭素の酸化反応触媒を担持してもよい。シフト反応触媒を担持すれば、水と改質ガス中の一酸化炭素から、改質ガス層内で水素を生成することができ、水素の生成効率を向上することができる。酸化反応触媒を担持すれば、改質ガス中の一酸化炭素濃度を低減することができる。従って、分離層にピンホールがあった場合でも、抽出層への一酸化炭素の漏れを抑制できる。生成された水素を燃料電池に供給する場合、燃料電池の電極に悪影響を与える一酸化炭素の水素ガスへの混入を抑制できる点で有効である。

【0048】

第1実施例および第2実施例において、改質ガス層に改質触媒を担持し、メタノールなど改質反応前の原料を水素分離機構に供給するものとしてもよい。改質ガス層で原料を改質して水素を生成しつつ、抽出層で水素を取り出すことができる。別途、改質反応を行うユニットを省略できるため、水素生成装置全体の小型化を図ることができる。上述の複数の触媒を改質ガス層に担持し、複数の反応を並行して行わせるものとしてもよい。

【0049】

上述の実施例では、各層を平板状に形成したが、凹凸を有する形状としてもよい。こうすれば、各層の実質的な表面積を増大でき、水素の分離効率を向上することができる。

【0050】

E. 第3実施例：

以上の実施例では、水素分離膜を用いて水素を分離する構成について例示した。水素分離膜は薄膜であるため、ピンホールの存在、部分的な破損等によって、改質ガス中の一酸化炭素が水素ガスに混入する可能性もある。第3実施例では、一酸化炭素の混入による影響を低減するための機構を備える構成について例示する。この機構は、分離された水素の流路中に一酸化炭素をメタン化するための触媒を担持することにより構成される。

【0051】

第3実施例における水素生成装置の概略構成は、第1実施例（図1）と同じである。水素分離フィルタ200の積層構造（図2）も第1実施例と同じである。第3実施例では、水素分離層の構成が第1実施例と相違する。

【0052】

図10は第3実施例の水素分離層220Bの拡大図である。水素分離層220Bは、セラミックス等の多孔質支持体221Bの細孔に水素の選択透過性を有する分離金属を担持して構成されている。分離金属が担持された分離金属層222Bの構造は、第1実施例（図4）と同じである。水素分離層220Bは、分離金属層222Bと対向する面側にメタン化触媒層223Bが形成されている。メタン化触媒層223Bには、多孔質支持体221Bの細孔に、一酸化炭素をメタン化する触媒が担持された層である。触媒としては、Ni、Ru、Rhなどが適用できる。

【0053】

メタン化触媒層223Bは、種々の方法で形成可能である。第1に多孔質支持体221Bの表面にメタン化触媒をコートして形成することができる。コートには、物理蒸着法（PDV）、化学蒸着法（CDV）などの気相蒸着法を用いることができる。触媒を担持したアルミナ等の粉末をスラリー状にして、多孔質支持体221Bに塗布してもよい。メッキ法によって形成してもよい。

【0054】

第2に多孔質支持体221Bにメタン化触媒を直接担持してもよい。多孔質支持体221Bにセラミックスを用いる場合には、その細孔内にメタン化触媒を直接担持させることができる。この方法では、アルミナ等に触媒を担持させる工程を省略することができる利点がある。担持方法は、分離層220の構成（図4参照）で列挙した種々の方法を適用可能である。多孔質支持体221Bに金属セルメットなど金属系の素材を用いる場合には、メタン化触媒と支持体との合金化を回避するため、アルミナ等の粉末をコートした後にメタン化触媒を担持する方法、またはアルミナ等の粉末にメタン化触媒を担持させた上でコートする方法を探ることが望ましい。

【0055】

図10には、水素分離相220Bと併せて、積層時の改質ガス層230、抽出層210も示した。改質ガス層230に供給された改質ガス中の水素は、図示する通り、分離金属層222Bにより抽出層210側に抽出される。メタン化触媒層223Bは、分離金属層222Bよりも下流に配置されている。ピンホールや局所的な破損に起因して、一酸化炭素が分離金属層222Bを透過した場合、一酸化炭素はメタン化触媒層223Bで、メタン化される。この反応には、分離金属層222Bを透過した水素の一部が用いられる。つまり、メタン化触媒層223Bには、反応用に特定のガスを別途供給する機構を設ける必要はない。

【0056】

メタン化反応は、約140℃以上で生じることが知られている。一般に改質反応は、原料に応じて300℃～800℃程度で生じるため、改質ガスはメタン化の反応温度以上となっている。本実施例の構成によれば、高温状態のガスの供給により、格段の温度制御を施さなくてもメタン化反応を促進することができる。

【0057】

以上で説明した第3実施例の水素生成装置によれば、メタン化触媒層223Bの作用により、生成された水素ガス中への一酸化炭素の混入を抑制することができる。このため、有害な成分である一酸化炭素の混入による悪影響を抑制できる。特に、生成された水素ガスが燃料電池に供給される場合には、その電極の被毒を回避できる利点がある。

【0058】

メタン化触媒層223Bでの反応を生じさせるために、温度制御、特定のガスの供給が不要であるため、水素生成装置の構成の複雑化を招かない利点もある。

【0059】

F. 第3実施例の変形例：

図11は第3実施例の変形例としての水素分離層220Cの拡大図である。水素抽出層210Cにメタン化触媒を担持させた構成を例示した。メタン化触媒層と水素抽出層とを一体的に構成した例に相当する。水素分離層220Cは、第1実施例（図4）に示した構成の他、種々の構成を適用可能である。例えば、パラジウムまたはパラジウム銀合金で形成された層、これらの金属をセラミックスの

ような多孔質支持体にコートして形成された層、セラミックスや樹脂等の多孔質分離膜などを適用できる。

【0060】

水素抽出層210Cには、メタン化触媒が担持されている。水素抽出層210Cが、セラミックス等の多孔質体で形成されている場合には、その細孔内にメタン化触媒を担持させればよい。担持方法は、分離層220の構成（図4参照）で列挙した種々の方法を適用可能である。第2実施例で例示した構成など、水素抽出層210Cが空隙となっている場合には、ペレット状にしたメタン化触媒を充填すればよい。

【0061】

このように水素抽出層210Cにメタン化触媒を担持した場合も、透過されたガス中への一酸化炭素の混入による悪影響を回避することができる。メタン化反応を生じさせるために、格別な温度制御、特定のガスの供給が不要となる利点は、第3実施例と同様である。

【0062】

上述の実施例では、矩形の層を積層した例を示した。各層は任意の形状を採ることができる。以上、本発明の種々の実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の構成を探ることができることはいうまでもない。

【0063】

例えば、第3実施例の構成（図10参照）において、さらに水素抽出層にメタン化触媒を担持する構成を探るものとしてもよい。第3実施例およびその変形例では、一酸化炭素をメタン化する構成を例示したが、一酸化炭素を選択酸化する触媒を担持するものとしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1実施例の水素生成装置における水素分離機構の斜視図である。

【図2】

水素分離フィルタ200の斜視図である。

【図3】

水素分離フィルタ200とケーシング100との組み付け部近傍の拡大断面図である。

【図4】

分離層220の拡大断面図である。

【図5】

分離層220と抽出層210の接触部の拡大断面図である。

【図6】

変形例としての分離層220Aと抽出層210Aの接触部の拡大断面図である

【図7】

変形例としての水素分離フィルタ200Aの斜視図である。

【図8】

第2実施例としての水素分離フィルタ300の斜視図である。

【図9】

第2実施例における抽出層310の斜視図である。

【図10】

第3実施例の水素分離層220Bの拡大図である。

【図11】

第3実施例の変形例としての水素分離層220Cの拡大図である。

【符号の説明】

100…ケーシング

101、102、103…マニホールド

111…緩衝材

200、200A…水素分離フィルタ

210s…シール

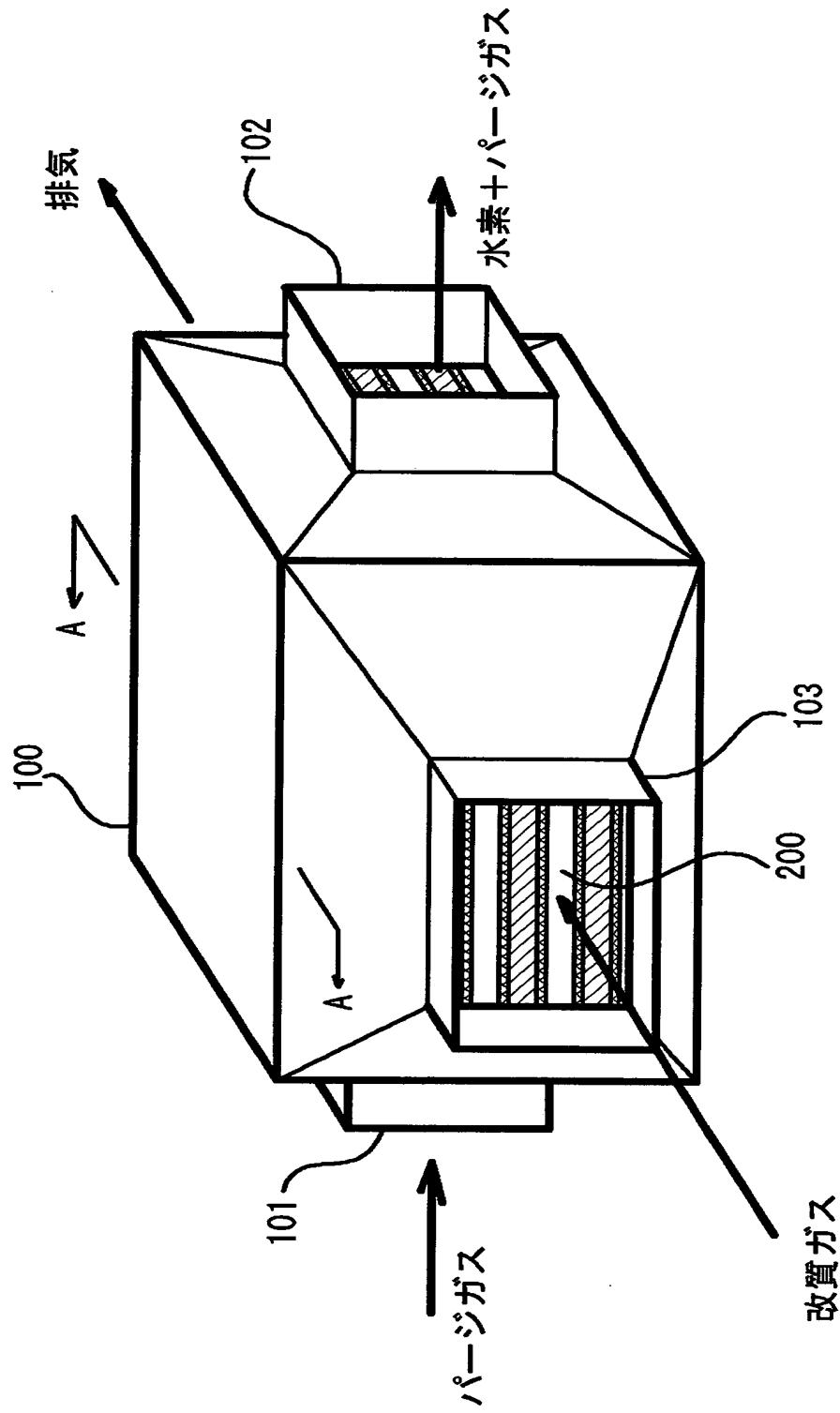
210, 210A…抽出層

211…緩衝材

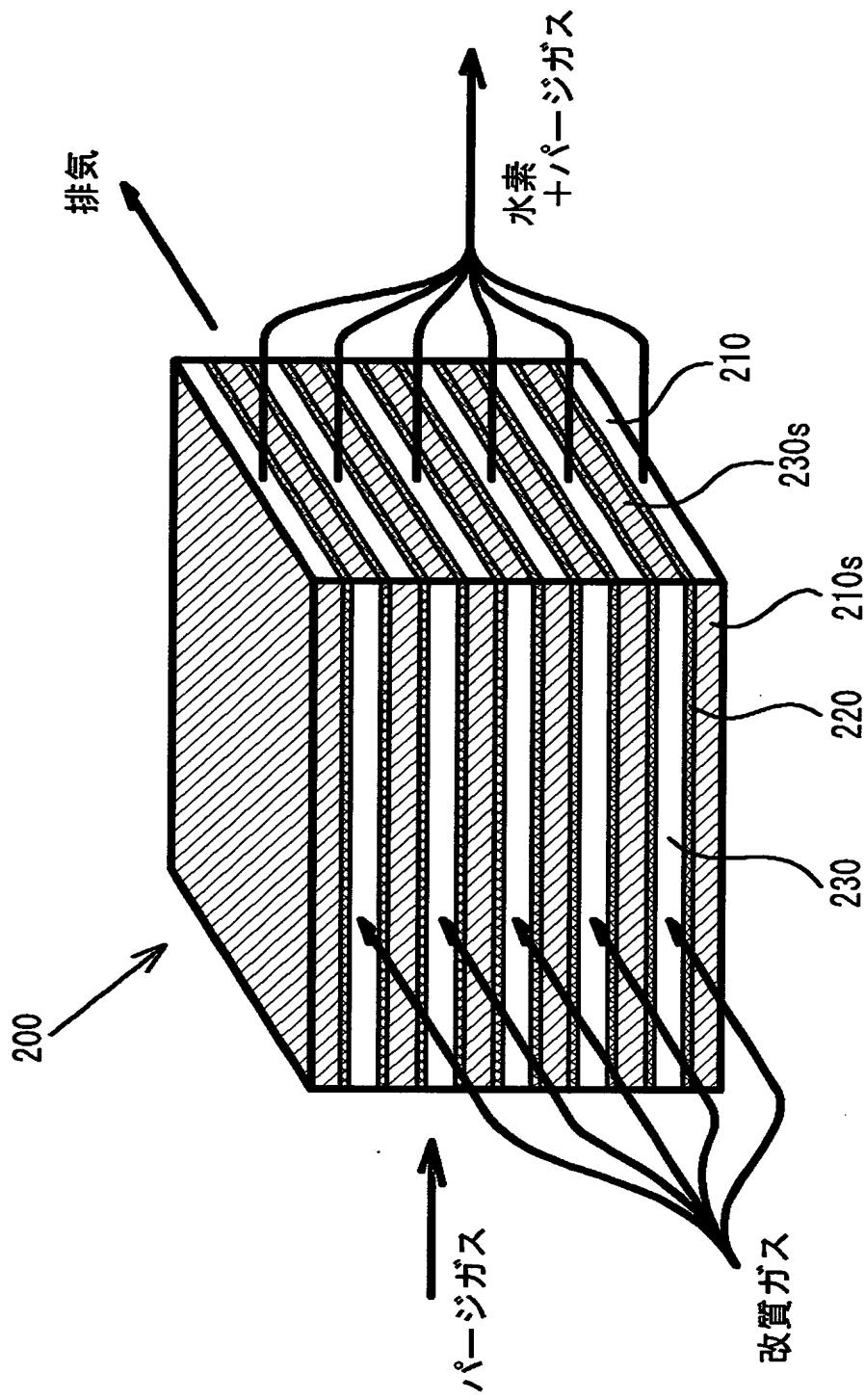
212, 222…突起

220, 220A, 220B, 220C … 分離層
221, 221B … 多孔質支持体
222, 222B … 分離金属層
223B … メタン化触媒層
230 … 改質ガス層
240 … シール
300 … 水素分離フィルタ
310 … 抽出層
310f … 中央部材
310s … シール部材
320 … 分離層
330 … 改質ガス層
330s … シール部材

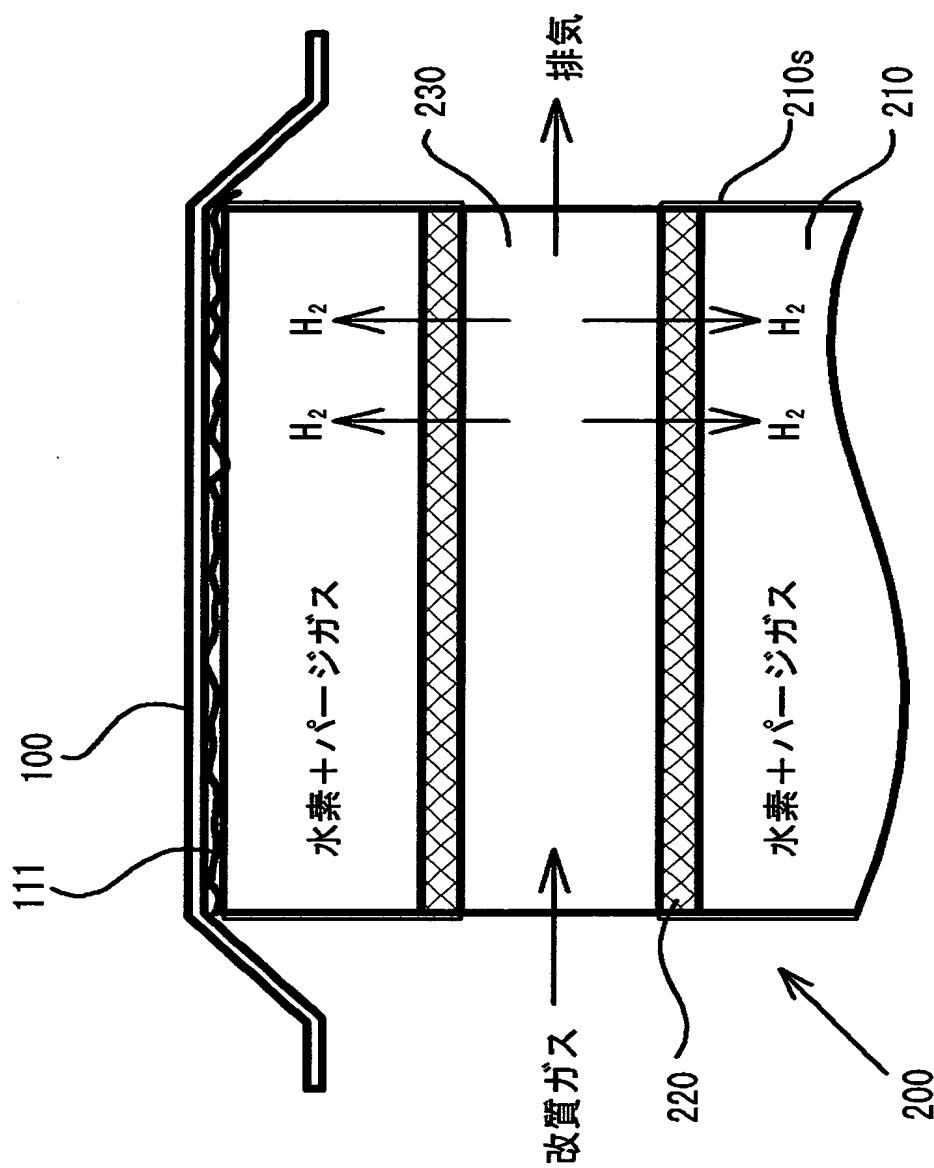
【書類名】 図面
【図1】



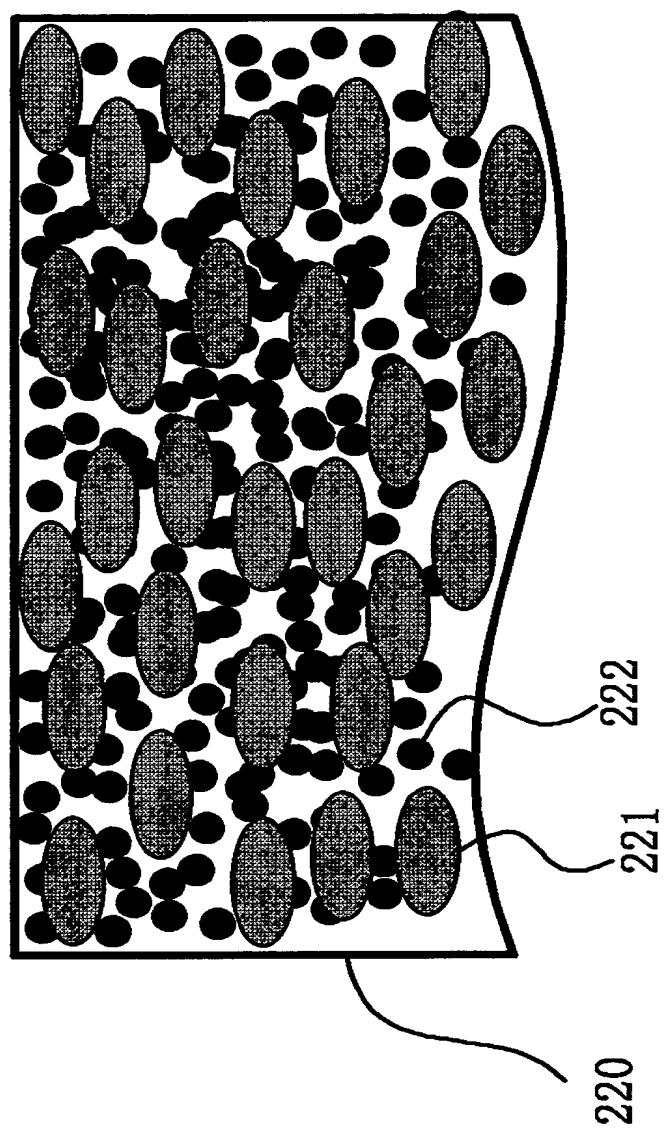
【図2】



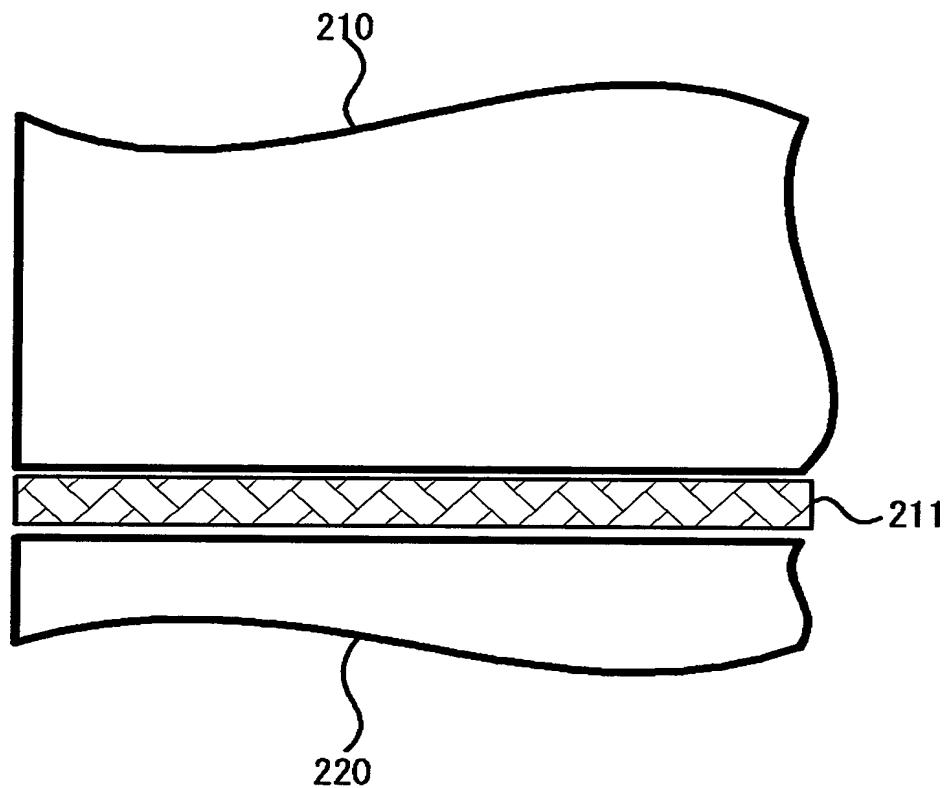
【図3】



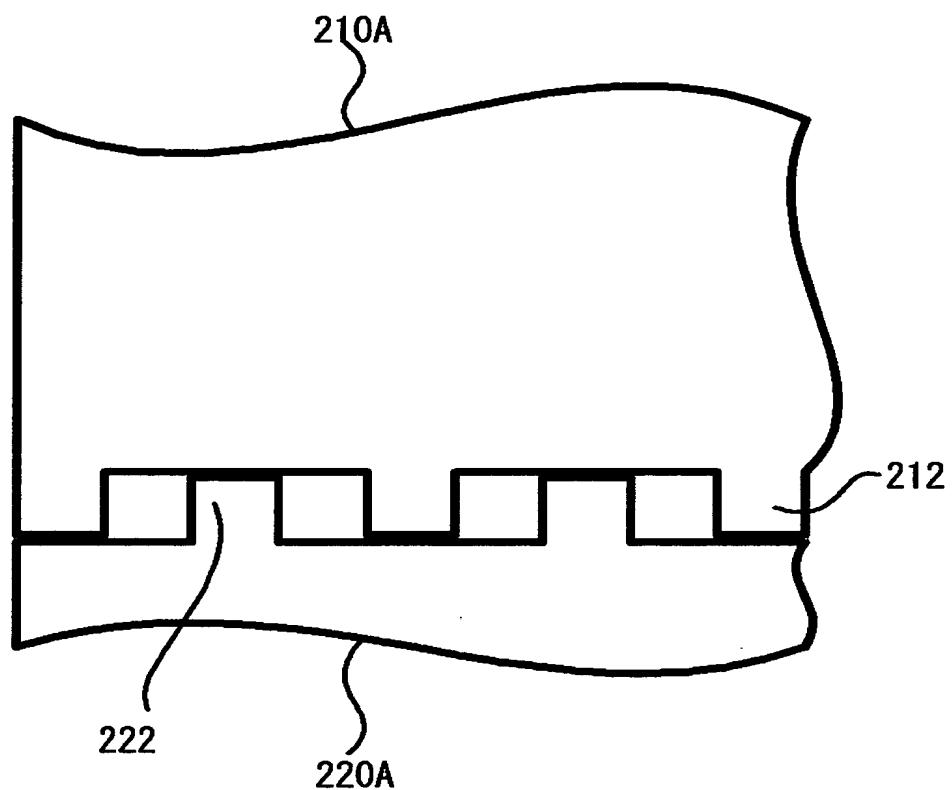
【図4】



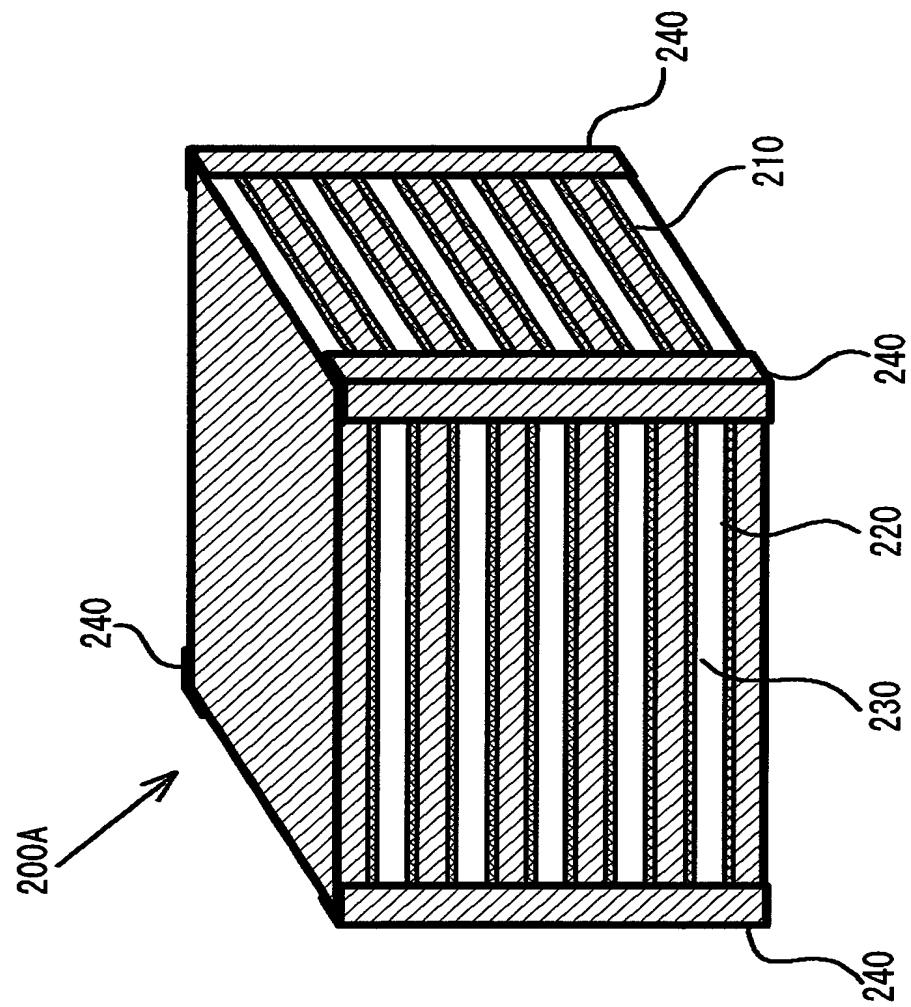
【図5】



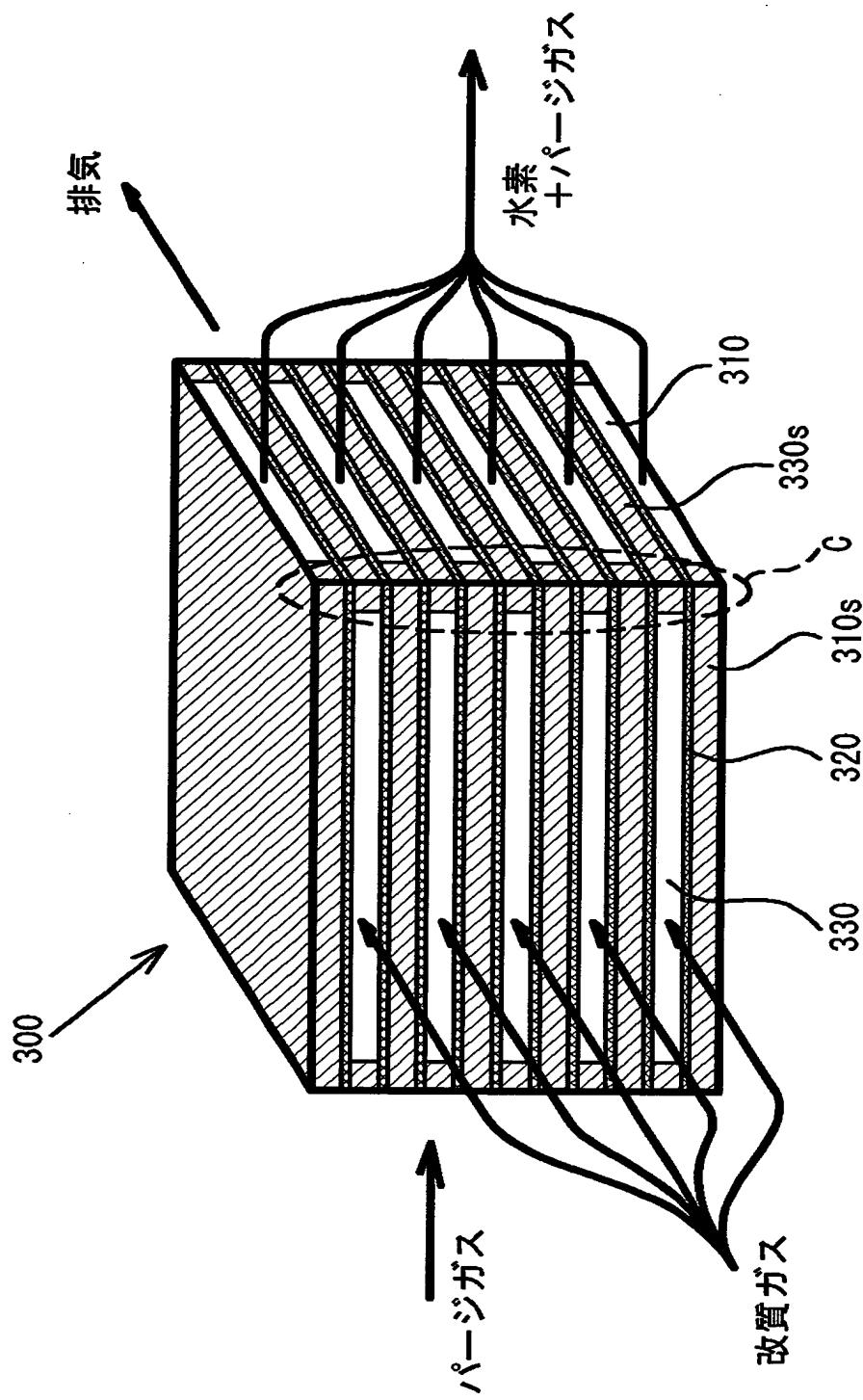
【図6】



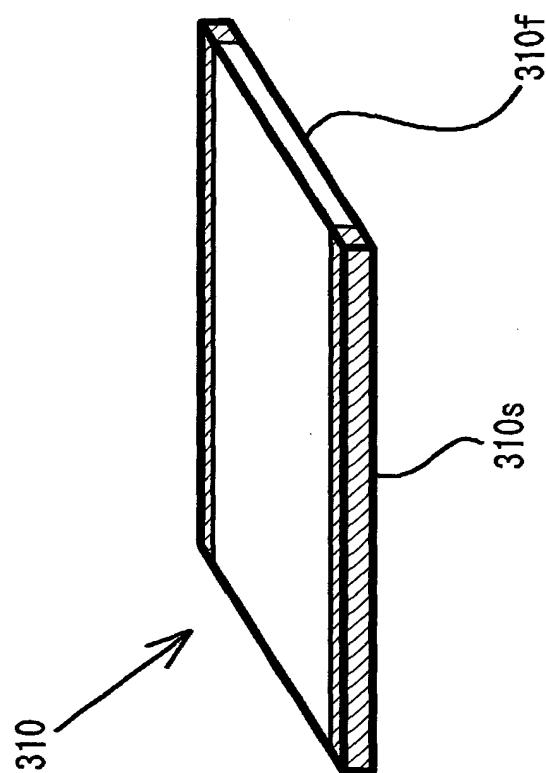
【図7】



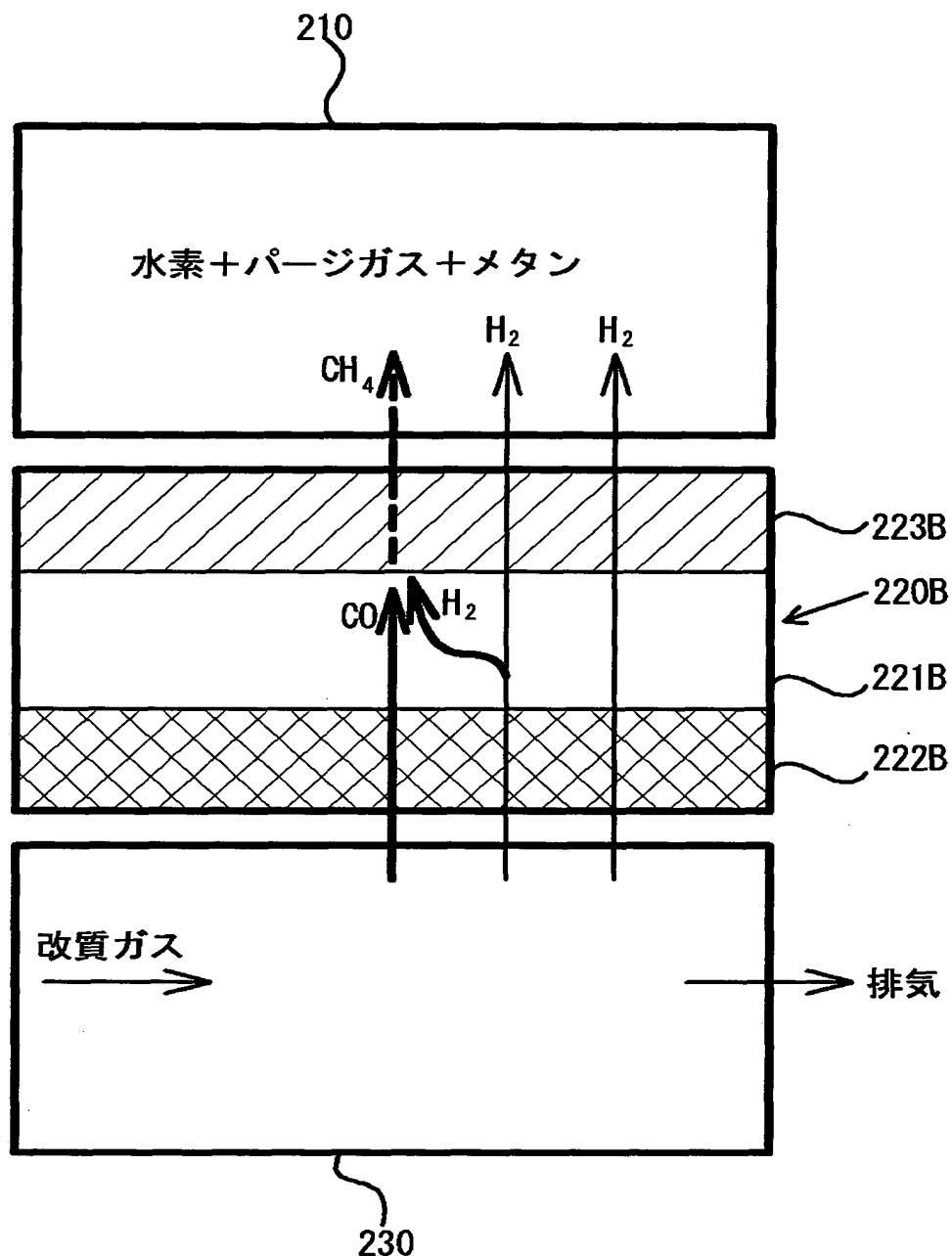
【図8】



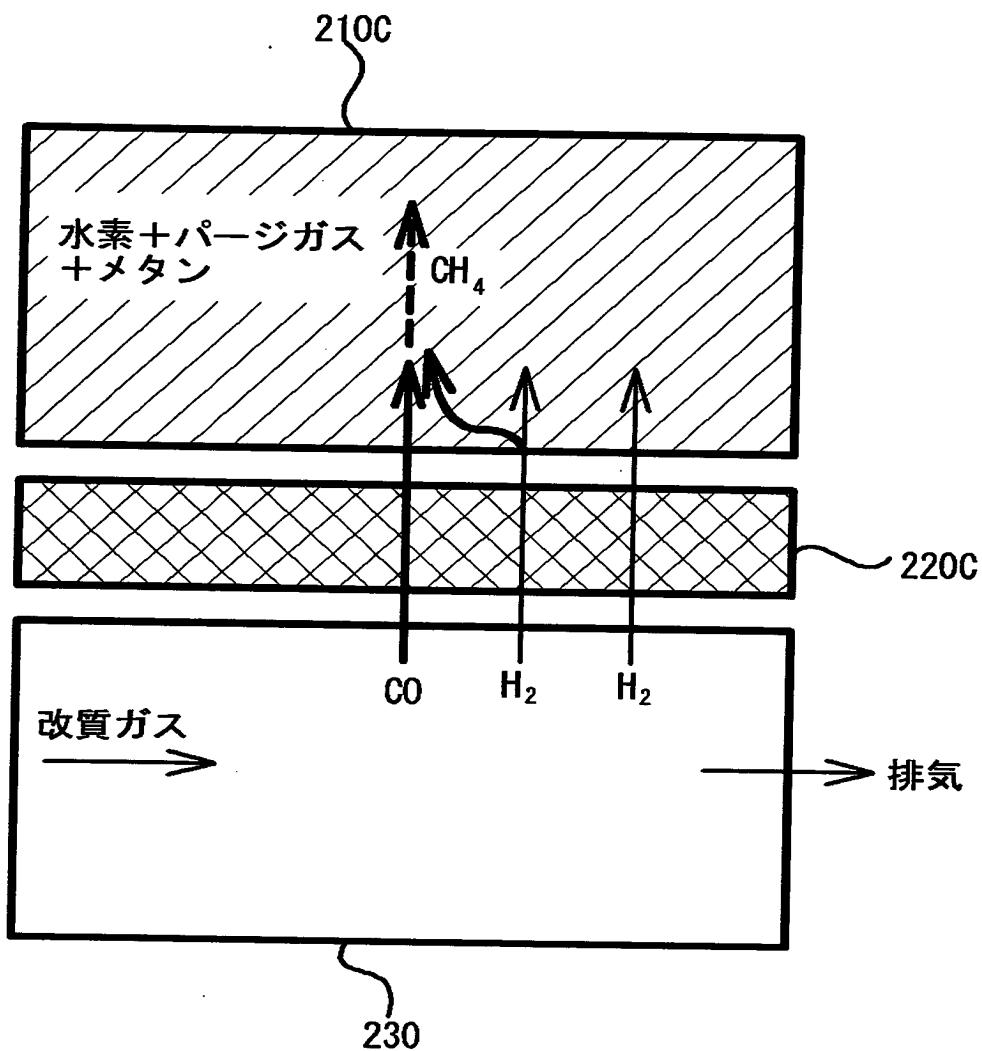
【図9】



【図10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 積層構造の水素分離機構の強度および信頼性を向上する。

【解決手段】 水素の抽出層210、水素分離膜を有する分離層220、改質ガス層230、分離層220の順で3種類の層を繰り返して積層する。各層を多孔質のセラミックスで形成することにより、強度を確保する。改質ガス層、抽出層はそれぞれガスの流れ方向を統一することにより、ガスの供給、排出用の構造を簡素化する。緩衝材を挟んで全体をケーシングで被覆することにより、強度およびシール性を確保する。さらに、分離層220または抽出層210に一酸化炭素をメタン化する触媒を担持し、ピンホール等による一酸化炭素の混入による悪影響を回避する。

【選択図】 図2

出願人履歴情報

識別番号 [000003207]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県豊田市トヨタ町1番地
氏 名 トヨタ自動車株式会社